

# 投手正面から撮影した映像中での投球動作初期の分析

野原 直翔<sup>§</sup> 宍戸 英彦<sup>‡</sup> 北原 格<sup>‡</sup> 亀田 能成<sup>†</sup>

<sup>†‡§</sup>筑波大学 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

E-mail: <sup>§</sup>nohara.naoto@image.iit.tsukuba.ac.jp, <sup>‡</sup>{shishido, kitahara}@ccs.tsukuba.ac.jp,

<sup>†</sup>kameda@iit.tsukuba.jp

**あらまし** 投手が正しいフォームで投球を行うことは、怪我の予防や技術向上にとって重要である。本研究では、単眼カメラで投手を正面から撮影した映像を用いて投球フォームの良さを指標化し、投手ごとの投球フォームの分析に役立てられる方法を提案する。本稿では、投球動作の初期段階である足を上げているときの姿勢に注目する。投球フォームのうち投手が足を上げているとき、投手の上半身が地面に対して垂直になっていることが望ましいとされている。本稿では4名の投手の撮影を行い、各投球における上げる足の膝の高さが最大のときの上半身の傾き、および投手の膝の高さと上半身の傾きの時間遷移について分析する。

**キーワード** 投球フォーム, 高速度撮影, 膝の高さ, 上半身の傾き, OpenPose

## 1. はじめに

野球において、投手が投球を重ねることで肘や肩に痛みが出てくる場合がある。それらはそれぞれ野球肘、野球肩と呼ばれる。野球肘、野球肩発症の原因として投球のしすぎが挙げられる。正しいフォームで投球を行っていない場合、投球数が少ない場合でも発症することがある。特に、まだ身体が小さく、筋肉や骨格が未発達である少年野球の選手が発症しやすく、また大人になっても繰り返し発症する可能性が高い[5]。

また、正しいフォームで投球を行うことは、球速やコントロールの向上につながる。

以上のことから、正しいフォームで投球を行うことは怪我を予防することや技術向上にとって重要である。選手や指導者にとって、選手が正しいフォームで投球を行っているかどうかを目視で調べることは容易ではない。

我々は、単眼カメラを用いて投手正面から投球を撮影し、OpenPose[1]を用いて投手の骨格位置を推定する。推定結果を用いて、肘位置に注目した投手のフォーム分析を行うことを提案している[6]。

本稿では、投球動作の初期段階である足を上げているときの姿勢に注目する。投球フォームのうち投手が足を上げているとき、投手の上半身が地面に対して垂直になっていることが望ましいとされている[7]。この知見を用いて投球フォームの指標化を行い、投手ごとの投球フォーム分析に役立てられる方法の提案をする。

本稿では硬式野球部に所属する男子高校生投手4名を撮影し、各投球において各投手の上げる足の膝の高さが最大のときの上半身の傾き、およびある投球における各投手の膝の高さと上半身の傾きの時間遷移について分析する。

## 2. 関連研究

投球フォームの指導方法の1つに、津田らが提案している Kinect を用いて投手のフォームを確認し、その結果を用いてフォームに悪い部分があれば改善策を提示するシステム[2]がある。この方法では、Kinect を正しく設置する必要があるため、利用可能な状況が限定される。

また、土山らの研究[3]のように、モーションキャプチャを用いて投球解析を行う方法が提案されてきている。平山らの研究[4]では、硬式野球部に所属する男子投手を対象とし、試合を想定した投球において、投球数が増加すると脚を踏み込んだ時点での肩関節外転度が減少することを報告し、これは肘が下がっているフォームになっていることを示すものとしている。こうした先行研究の成果から、試合中にも投球フォームは変化し、都度解析を行う必要があると言えるが、ここで挙げた研究手法等では試合中の解析は困難である。

こうした先行研究の成果から、試合中にも都度投球フォームは変化し、都度解析を行う必要があることがわかる。ここで挙げた研究手法では、試合中の解析は困難である。我々は、野球のプレーに影響しない位置から撮影した映像のみを用いた投球フォーム分析を提案している[6]。

## 3. 投球フォーム

投球フォームのうち足を上げたとき、軸足、腰、頭が1本の線になっているイメージで投球を行うことが良いとされている[8]。また、上半身を地面に対して垂直にすることで、スムーズに体重移動を行うことができる。身体にかかる負担が軽減でき、またコントロールも向上する[7]。

## 4. 投球フォーム分析方法

### 4.1. カメラ位置

本研究では、上半身の傾きを指標化し投球フォームを分析する。そのため、投手の上半身の傾きの観察が容易である投手の正面から撮影する。試合中はバックネットの裏から撮影を行う。

センター(バックスクリーン)方向からでも投手の上半身の観察は可能であるが、投手とカメラ間の距離が遠くなってしまい、骨格位置推定が困難になる恐れがある。

### 4.2. 投手の骨格位置推定

本研究では、投手の骨格位置推定に OpenPose[1]を用いる。OpenPose は、CVPR2017 で発表されており、Deep Learning を用いて単眼カメラ映像に映る人体の骨格位置推定を行うアルゴリズムである。これに付随して、2018 年 9 月に OpenPose 1.4.0 がリリースされた。本稿では、この Windows Demo 版を用いる。

OpenPose では、右肩や左膝など計 25 カ所の骨格位置が検出できる。それぞれの骨格位置に対し、画像上の x 座標、y 座標、score と呼ばれる検出の信頼度を表す値の 3 つの値を出力する。OpenPose が推定する骨格位置を図 1 に示す。

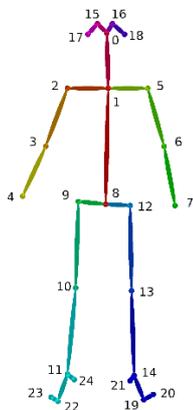


図 1：OpenPose が推定する骨格位置[1](一部加工)

### 4.3. 上半身の傾き

投手の上半身の傾きによる指標化を行うにあたり、図 2 に示す角  $\theta$  を Openpose の推定結果を用いて算出する。この角は、画像の y 軸と図 1 における直線 1-8 がなす角である。投手の利き手が左右によらず、足を上げた時点における前傾方向が正、後傾方向を負とする。この角が  $0^\circ$  であることは、投手の上半身が地面に対して垂直であることと同義である。また、上げる足の膝の高さも OpenPose の推定結果(右投手の場合は図 1 における点 13)における y 座標を用いる。

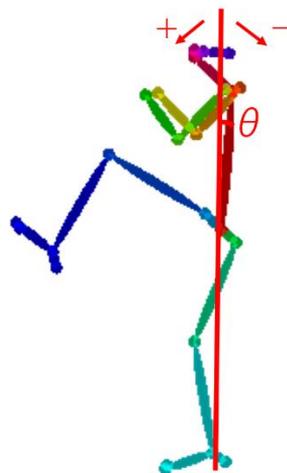


図 2：上半身の傾き

## 5. 投球動作初期の分析

### 5.1. 分析方法

本節では、各投球において上げる足の膝の高さが最大の上半身の傾き、投手の膝の高さと上半身の傾きの時間遷移について分析する。

### 5.2. 撮影概要

被験者は硬式野球部に所属する男子高校生 4 名であり、それぞれ投手 A、投手 B、投手 C、投手 D とする。この 4 名はいずれも投手経験者である。投手 A、投手 C の 2 名は右投手、投手 B、投手 D は左投手である。図 3 に示すように単眼カメラを捕手のすぐ後ろに三脚を用いて設置し、普段の投球練習の様子を撮影した。投球数は、投手 A が 13 球、投手 B が 14 球、投手 C が 10 球、投手 D が 24 球であった。

用いたカメラは CASIO の EXLIM-ZR1800 である。動画のサイズは 512[px]×384[px]、フレームレートは 240fps に設定し、高速度撮影を行った。図 4 に撮影した映像の様子を示す。



図 3：撮影の様子



図 4：撮影した映像の様子

### 5.3. 結果と考察

図 5, 6, 7, 8 にそれぞれ投手 A, B, C, D の各投球において、上げる足の膝の高さが最大の時の上半身の傾きを示す。

図 5, 6 より、投手 A と投手 B は投球によらず上半身の傾きはほぼ一定であることがわかる。

図 7 より、投手 C は 8 球目までは後傾しているのに対し、9, 10 球目は前傾していることがわかる。これは、9, 10 球目はクイックモーションで投球をしていたからである。クイックモーションとは、ランナーの盗塁を防ぐために足をあまり上げずに素早く投げる投法である[7]。足をあまり上げないため、通常の投球の足を下ろし始めてからの動きと同じような形になったため、このような結果になったと考えられる。

図 8 より、投手 D はほかの 3 名とは異なり、24 球目を除いて前傾していることがわかる。図 9 に投手 D の 1 球目における上げる足の膝の高さが最も高いフレーム、図 10 に 24 球目における上げる足の膝の高さが最も高いフレームを示す。図 9, 10 を見比べてみると、24 球目では高く足を上げており、そのため上半身が後傾したと考えられる。

以上のことから、足を上げる高さにより上半身の傾きは変化し、特に通常の投球フォームとクイックモーションでの投球では分けて分析を行う必要があると考えられる。

図 11, 12, 13, 14 にそれぞれ投手 A, B, C, D のある投球における上半身の傾きと上げる足の膝の高さの時間遷移のグラフを示す。膝の高さについて、画像座標系は左下を原点とし、y 軸は上向きを正としている。

これらの図より、投手 A, B, C の 3 名は膝の高さが最大になるときに上半身が若干後傾しており、足を下ろすにつれて前傾し始め、足を接地する時点では図 4 のように利き手と反対側に傾けていることがわかる。

また、投手 D は足を上げてから接地するまで上半身が前傾していることがわかる。

### 6. おわりに

我々は、投手正面からの映像を用いて投球フォームの良さを指標化し、投手ごとの投球フォームの分析に役立てられる方法を提案した。

本稿では投手 4 名を撮影した。投球動作初期における上半身の傾きに注目し、上げる足の膝の高さが最大のときの上半身の傾き、および膝の高さと上半身の傾きの時間遷移について分析を行った。足を上げる高さにより上半身の傾きは変化し、特に通常の投球フォームとクイックモーションでの投球では分けて分析を行う必要があることがわかった。

本研究の一部は、科研費 19K22857 の助成を受けて行われた。ここに謝意を表す。

### 文 献

- [1] Zhe Cao, Tomas Simon, Shin-En Wei, and Yaser Sheikh, "Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields", "Computer Vision and Pattern Recognition 2017", pp.7291-7299, Hawaii, United States of America, 2017.
- [2] 津田諒, "肘に負担がかからないシャドーピッチングフォームの学習支援システムの構築", 平成 26 年度高知工科大学情報学群学士學位論文, 2015.
- [3] 土山耕南, 大井雄紀, 高木陽平, 乾浩明, 吉矢晋一, 信原克哉, "投球動作 3 次元解析による肩甲骨の評価", 肩関節, 40, 3, pp.1038-1042, 2016.
- [4] 平山大作, 藤井範久, 阿江通良, 小池関也, "投球数の増加にともなう投球動作の変容", 筑波大学体育科学系紀要, 32, pp.189-192, 2009.
- [5] 馬見塚尚孝, "「野球医学」の教科書", ベースボール・マガジン社, 2012.
- [6] 野原直翔, 宍戸英彦, 北原格, 亀田能成, "バックネット裏からの映像を用いた投球フォーム自動評価", 日本野球科学研究会第 6 回大会報告集, 報告番号:P-44, 2019.
- [7] 大野豊, "絶対うまくなるピッチング—速い球を正確に投げるフォームづくり", 日本文芸社, 2003.
- [8] 高橋善正, "試合で大活躍できる! ピッチング上達のコツ 50", メイツ出版, 2011.

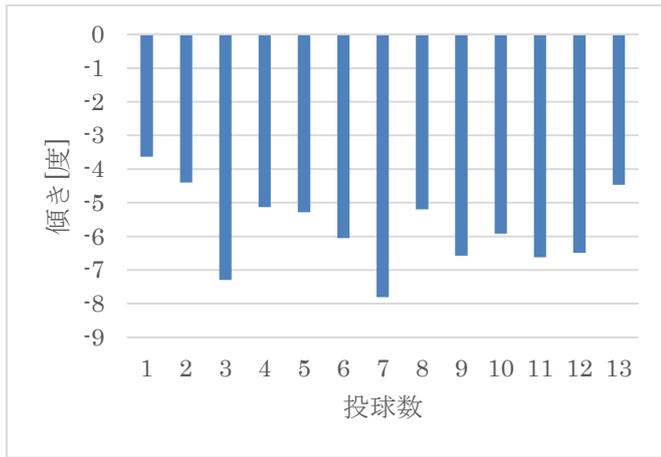


図 5：投手 A の各投球における上半身の傾き

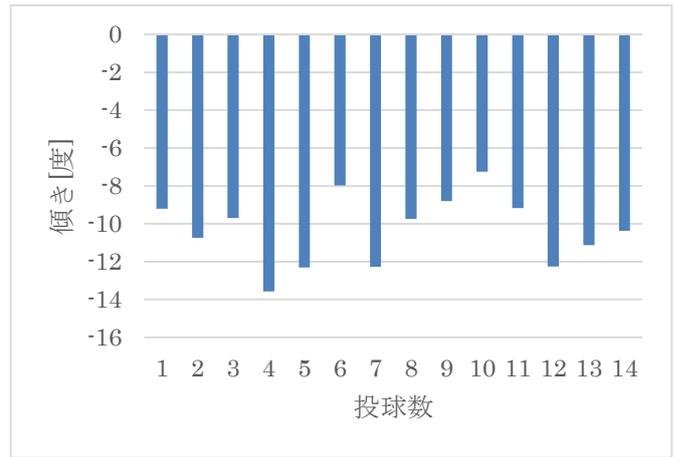


図 6：投手 B の各投球における上半身の傾き

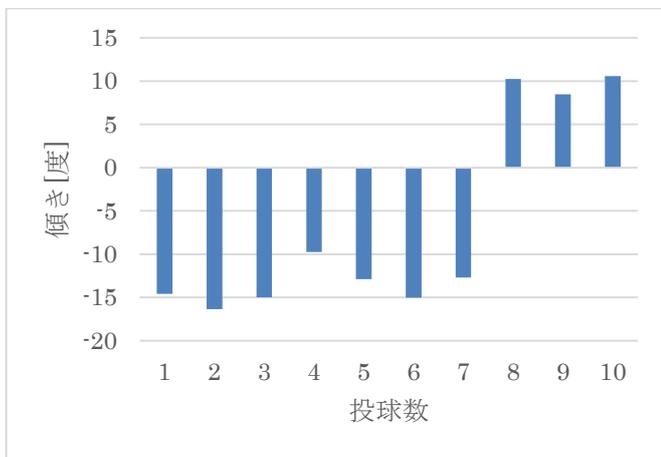


図 7：投手 C の各投球における上半身の傾き

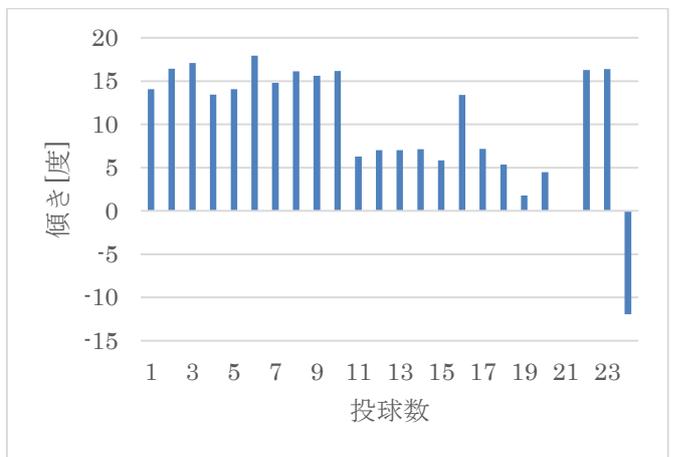


図 8：投手 D の各投球における上半身の傾き

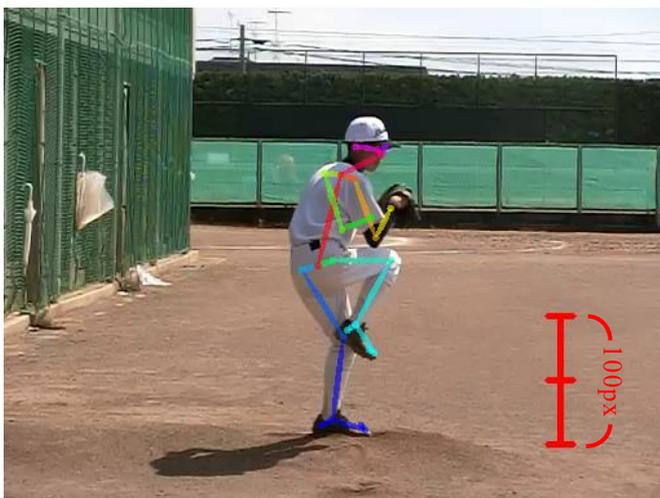


図 9：投手 D の 1 球目における上げる足の膝の高さが最も高いフレーム(左)



図 10：投手 D の 24 球目における上げる足の膝の高さが最も高いフレーム(右)

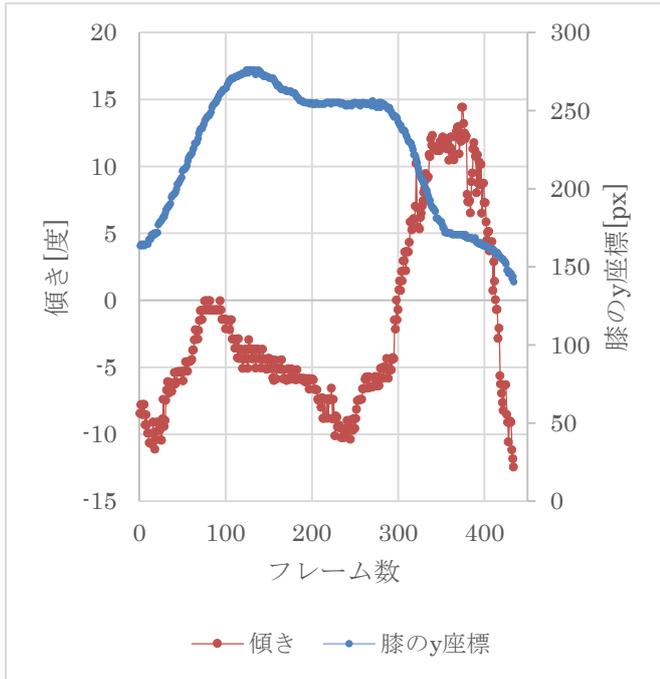


図 11：投手 A の膝の高さと傾きの時間遷移

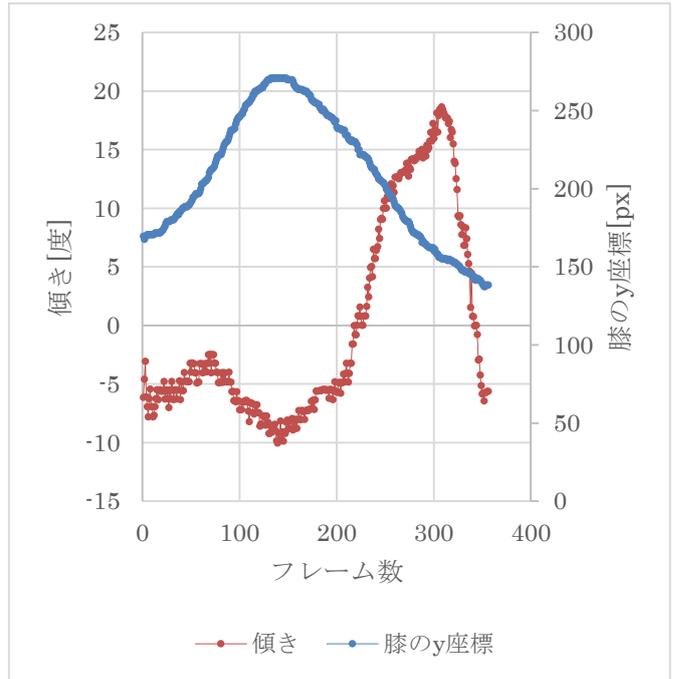


図 12：投手 B の膝の高さと傾きの時間遷移

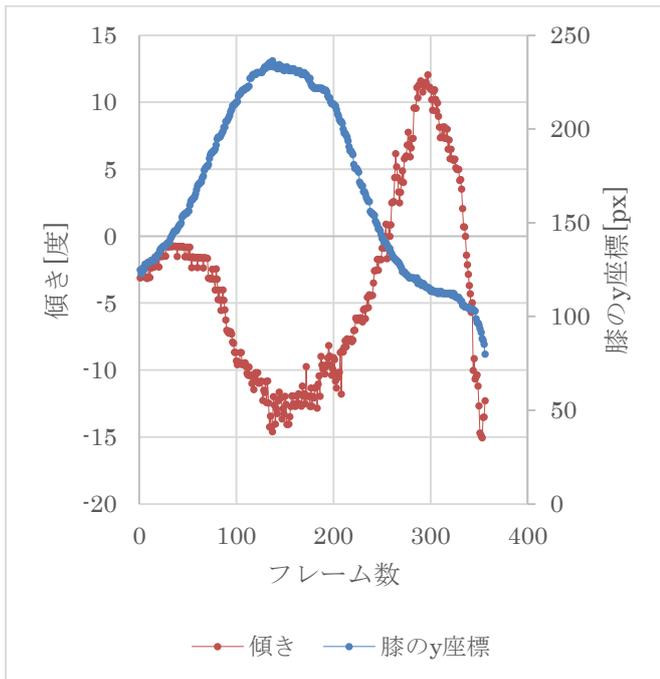


図 13：投手 C の膝の高さと傾きと時間遷移

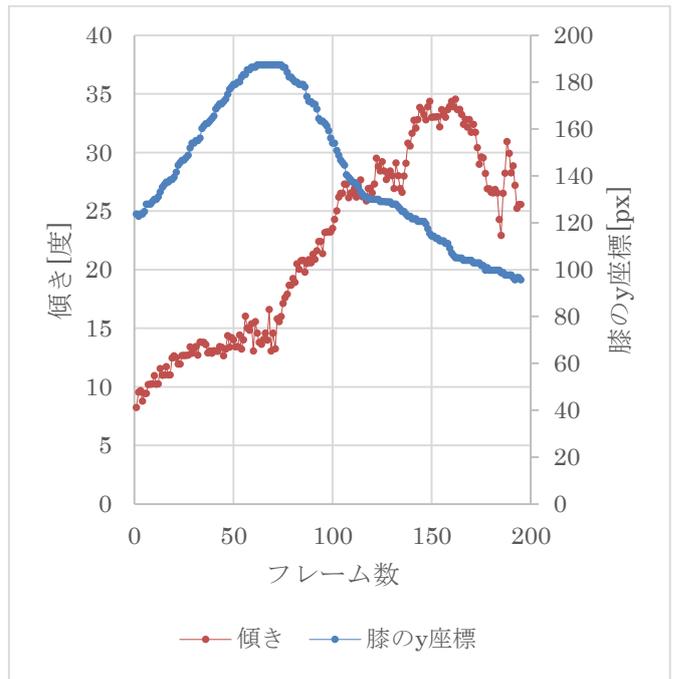


図 14：投手 D の膝の高さと傾きの時間遷移